

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004年7月22日 (22.07.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/062065 A1

- (51) 国際特許分類: H02K 3/04  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2002/013675  
(22) 国際出願日: 2002年12月26日 (26.12.2002)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).  
(72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大橋 篤志 (OOHASHI, Atsushi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会

社内 Tokyo (JP). 滝澤 拓志 (TAKIZAWA, Takushi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 大西 行儀 (OHNISHI, Yukiyoshi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 曾我 道照, 外 (SOGA, Michiteru et al.); 〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 国際ビルディング 8階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.

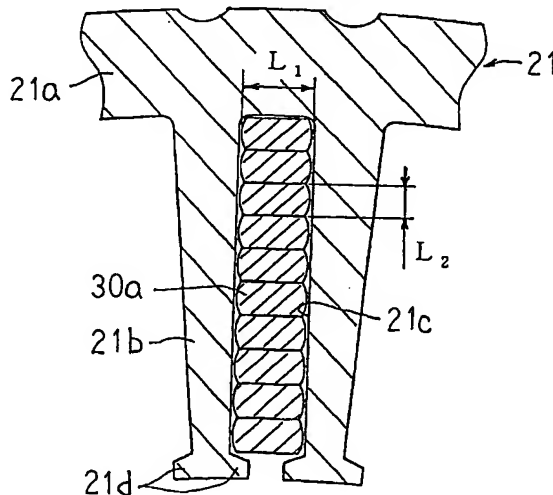
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: STATOR OF DYNAMOELECTRIC MACHINE AND METHOD FOR MANUFACTURING STATOR WINDING

(54) 発明の名称: 回転電機の固定子およびその固定子巻線の製造方法



insulation property.

(57) Abstract: The stator of a dynamoelectric machine, and its manufacturing method, in which the slot containing part has a race track-like cross-section and an insulation property can be enhanced by protecting the insulation coating against damage at the time of fixing the stator winding to the stator core. The slot containing part of the stator winding has a race track-like cross-section and the slot containing parts are contained in the slots while being arranged in a row in the radial direction with the longitudinal direction of the cross-section being directed toward the circumferential direction. Since the short side of the slot containing part facing the inner circumferential side face of the slot becomes a convex surface, the insulation coating is protected against damage due to rubbing of the short side of the slot containing part against the inner circumferential side face of the slot at the time of inserting the slot containing part into the slot to thereby enhance an

(57) 要約: 本発明は、スロット収納部を断面レーストラック状に形成し、固定子巻線の固定子鉄心への装着時に発生する絶縁被膜の損傷を抑えて、絶縁性を高めることができる回転電機の固定子およびその製造方法を得るものである。その構成は、固定子巻線のスロット収納部を断面レーストラック状に形成し、スロット収納部を断面の長手方向を周方向に向けて径方向に1列に並んでスロット内に収納されている。これにより、スロットの内周側面に面するスロット収納部の短辺が凸状の曲面となるので、スロット収納部をスロット内に挿入する際のスロット収納部の短辺とスロットの内周側面とのこすれに起因する絶縁被膜の損傷発生が抑えられ、絶縁性が向上される。

WO 2004/062065 A1

WO 2004/062065 A1



2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 回転電機の固定子およびその固定子巻線の製造方法

技術分野

この発明は、乗用車、トラック、電車等の車両に搭載される回転電機の固定子およびその固定子巻線の製造方法に関し、特に固定子巻線のスロット収納部とスロット内周側面との接触に起因する絶縁被膜の損傷を低減できる固定子巻線およびその製造方法に関するものである。

背景技術

図 1 2 は例えば特開昭 6 3 - 1 9 4 5 4 3 号公報に記載された従来の回転電機の固定子構造を説明する断面図、図 1 3 乃至図 1 7 はそれぞれ従来の回転電機の固定子の製造方法を説明する図である。

この従来の回転電機の固定子 1 は、図 1 2 に示されるように、固定子鉄心 2 と、この固定子鉄心 2 に巻装された固定子巻線 4 とを備えている。

固定子鉄心 2 は、所定形状に打ち抜き成形された磁性鋼板を所定枚数積層して構成され、円筒状のコアバック部 6 から径方向内方に延設されたティース部 7 が周方向に所定ピッチで配列されて構成されている。そして、スロット 3 が隣り合うティース部 7 間に画成されている。また、鰭部 5 が各ティース部 7 の先端部に周方向に突出するように形成されている。この鰭部 5 は、磁束を収集する働きを有するとともに、スロット 3 の開口の約半分を閉じ、固定子巻線 4 の飛び出しを防止する働きをする。

固定子巻線 4 は、三相出力が得られるように固定子鉄心 2 に巻装されている。そして、各スロット 3 内には、後述する円形断面の導体線 1 1 の一部を断面長方形に加圧変形してなるスロット収納部 1 2 a が径方向に 1 列に並んで収納されている。

また、各スロット 3 内には、耐熱性のインシュレータ 8 が装着され、固定子鉄心 2 と固定子巻線 4 との電氣的絶縁を確保している。

ついで、固定子巻線 4 の形成方法について図 1 3 乃至図 1 7 を参照しつつ説明する。

まず、図 1 3 に示されるように、1 本の断面円形の導体線 1 1 を略長方形に 6 回巻回して長方形巻回部 1 2 を形成し、この長方形巻回部 1 2 から延出する導体線 1 1 を 6 回巻回して次の長方形巻回部 1 2 を形成する。この操作を繰り返す行い、1 本の導体線 1 1 から複数個の長方形巻回部 1 2 を有する重ね巻き巻線 1 0 を作製する。

次に、重ね巻き巻線 1 0 の各長方形巻回部 1 2 が、図 1 4 に示されるように、加圧成形機 1 3 に装着される。この時、6 本のスロット収納部 1 2 a が 1 列に重ね合わされてバネ 1 6 で摺動自在に支持されたスライダ 1 4 とストッパ 1 5 との間に挿入される。そして、スロット収納部 1 2 a がプッシャ 1 7 により矢印方向に加圧される。これにより、図 1 5 に示されるように、重ね巻き巻線 1 0 の各長方形巻回部 1 2 のスロット収納部 1 2 a が、断面長方形に変形される。なお、スロット収納部 1 2 a 間を連結するコイル端部 1 2 b は円形断面となっている。

そして、重ね巻き巻線 1 0 は、図 1 6 に示されるように、そのスロット収納部 1 2 a をインシュレータ 8 が装着された各スロット 3 に内周側から挿入する。その後、ティース部 7 の先端面を、図 1 7 に矢印 F で示される方向に、ローラ等で加圧する。これにより、ティース部 7 の先端部に形成されている貫通穴 9 が押しつぶされ、貫通穴 9 の周方向両側の部位が周方向外側に押し出され、鏝部 5 が形成され、図 1 2 に示される固定子 1 が得られる。この固定子 1 では、断面長方形のスロット収納部 1 2 a が断面長手方向を周方向に向けて径方向に 1 列に並んで各スロット 3 内に 6 層に収納されている。

しかしながら、従来の固定子 1 の製造方法では、断面円形の 6 本のスロット収納部 1 2 a を 1 列に重ね、プッシャ 1 7 により一括して加圧変形させているので、断面円形のスロット収納部 1 2 a 同士が直接接した状態で扁平に変形されることになり、扁平に変形された各スロット収納部 1 2 a の長辺の平坦度が得にくくなる。その結果、スロット収納部 1 2 a をスロット 3 内に収納した際の占積率が小さくなり、出力の低下をもたらしてしまう。また、スロット収納部 1 2 a を加圧変形させる際に、スロット収納部 1 2 a の周方向両側がスライダ 1 4 とストッ

パ１５とにより拘束されているので、扁平に変形されたスロット収納部１２ａの短辺が平面になり、略断面長方形に変形されてしまう。その結果、扁平に変形されたスロット収納部１２ａの短辺側に角部が形成され、スロット収納部１２ａをスロット３に挿入する際に、スロット収納部１２ａの角部がスロット３の内周側面とこすれ、導体線１１の絶縁被膜が損傷し、電気絶縁性が悪化してしまう。

### 発明の開示

本発明は、スロット収納部を断面レーストラック状に形成し、スロット収納部をスロットに挿入する際に発生するスロット収納部の周方向側面とスロットの内周側面とのこすれを抑制し、導体線の絶縁被膜の損傷を抑えて、電気絶縁性を向上させることができる回転電機の固定子を得ることを目的とする。

また、円形断面の各スロット収納部を一对の平板状のプレス板で挟み込んで加圧変形させる断面扁平化工程により、スロット収納部を扁平な長辺を平坦面とし、かつ、短辺を凸状の曲面とする断面レーストラック状に加圧変形させ、スロット収納部をスロットに挿入する際の導体線の絶縁被膜の損傷発生を抑え、電気絶縁性を向上できるとともに、占積率を高めることができる回転電機の固定子巻線の製造方法を得ることを目的とする。

本発明による回転電機の固定子は、固定子巻線は、スロットのそれぞれに収納された複数のスロット収納部と、所定スロット数離れた上記スロットの対に収納されている上記スロット収納部の端部同士を連結するコイルエンド部とを有し、上記スロット収納部が、断面レーストラック状に形成され、断面の長手方向を周方向に向けて径方向に少なくとも１列に並んで、かつ、互いに密接して収納されているものである。

また、本発明による回転電機の固定子巻線の製造方法は、断面円形のスロット収納部のそれぞれを個別に平板状のプレス板で挟み込み、該スロット収納部の伸長方向を拘束することなく該プレス板により該スロット収納部を加圧して断面レーストラック状に成形する断面扁平化工程を有するものである。

### 図面の簡単な説明

図 1 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子を示す斜視図である。

図 2 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における固定子巻線のスロット収納状態を示す要部断面図である。

図 3 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子の製造方法における星形巻線ユニットを製造する工程を説明する工程図である。

図 4 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子の製造方法における星形巻線ユニットのスロット収納部の断面扁平化工程を説明する工程図である。

図 5 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における振り分け巻線ユニットを示す斜視図である。

図 6 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における振り分け巻線ユニットを示す要部拡大図である。

図 7 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における振り分け巻線ユニットを固定子鉄心に装着する工程を説明する工程図である。

図 8 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における振り分け巻線ユニットの固定子鉄心への装着過程を説明する要部断面図である。

図 9 はこの発明の実施の形態 1 による回転電機の固定子におけるスロット収納部の縦横比と絶縁不良発生率および固定子巻線の温度上昇値との関係を示す図である。

図 10 はこの発明の実施の形態 2 に係る回転電機の固定子における固定子巻線のスロット収納状態を示す要部断面図である。

図 11 はこの発明の実施の形態 3 に係る回転電機の固定子における固定子巻線のスロット収納状態を示す要部断面図である。

図 12 は従来の回転電機の固定子構造を説明する断面図である。

図 13 は従来の回転電機の固定子の製造方法における重ね巻き巻線の形成工程を説明する工程図である。

図 14 は従来の回転電機の固定子の製造方法における重ね巻き巻線のスロット収納部の加圧成形工程を説明する工程図である。

図 15 は従来の回転電機の固定子の製造方法における重ね巻き巻線のスロット収納部を説明する要部斜視図である。

図 1 6 は従来の回転電機の固定子の製造方法における重ね巻き巻線のスロット装着状態を説明する要部断面図である。

図 1 7 は従来の回転電機の固定子の製造方法におけるティース部の鏝部形成工程を説明する要部断面図である。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、この発明の好適な実施の形態について図面を参照して説明する。

実施の形態 1.

図 1 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子を示す斜視図、図 2 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における固定子巻線のスロット収納状態を示す要部断面図、図 3 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子の製造方法における星形巻線ユニットを製造する工程を説明する工程図、図 4 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子の製造方法における星形巻線ユニットのスロット収納部の断面扁平化工程を説明する工程図、図 5 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における振り分け巻線ユニットを示す斜視図、図 6 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における振り分け巻線ユニットを示す要部拡大図、図 7 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における振り分け巻線ユニットを固定子鉄心に装着する工程を説明する工程図、図 8 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における振り分け巻線ユニットの固定子鉄心への装着過程を説明する要部断面図、図 9 はこの発明の実施の形態 1 による回転電機の固定子におけるスロット収納部の縦横比と絶縁不良発生率および固定子巻線の温度上昇値との関係を示す図である。

図 1 および図 2 において、固定子 2 0 は、円筒状の固定子鉄心 2 1 と、この固定子鉄心 2 1 に巻装された固定子巻線 2 2 とを備えている。

固定子鉄心 2 1 は、所定形状にプレス加工された磁性鋼板を積層一体化して円筒状に作製され、円環状のコアバック部 2 1 a、コアバック部 2 1 a からそれぞれ径方向内方に延出し、かつ、周方向に所定ピッチで配設されたティース部 2 1 b、隣り合うティース部 2 1 b により画成されたスロット 2 1 c およびティース部 2 1 b の先端部から周方向両側に延出された鏝部 2 1 d を有している。ここで、

36個のスロット21cが周方向に等角ピッチで固定子鉄心21に形成されている。そこで、この固定子20は、12極の磁極を有する回転子（図示せず）に対して、1つの3相交流巻線からなる固定子巻線22が得られる。即ち、スロット21cは、毎極毎相当り1の割合で形成されている。また、各ティース部21bは、固定子鉄心21の軸心と直交する断面形状が内径側を先細りとする略台形状に形成され、各スロット21cの固定子鉄心21の軸心と直交する断面形状が長方形となっている。

固定子巻線22は、巻装されるスロット21cを1スロットずつずらして固定子鉄心21に装着された3相分の振り分け巻線23を備えている。そして、3相分の振り分け巻線23が交流結線、例えばY結線されて3相交流巻線を構成している。

各振り分け巻線23は、絶縁被膜が被覆された銅線材からなる1本の導体線30を3スロット毎のスロット21cに周方向一侧（例えば、時計回り）に波状に5ターン巻回し、引き続いて3スロット毎のスロット21cに周方向他側（例えば、反時計回り）に波状に5ターン巻回して構成されている。そして、導体線30のスロット21c内に収納されている部位（以下、スロット収納部30aとする）が断面レーストラック状の断面扁平形状に形成され、3スロット離れたスロット21c内に収納されているスロット収納部30a同士を固定子鉄心21の軸端側で連結している導体線30の部位（以下、コイルエンド部30bとする）が断面円形に形成されている。また、スロット収納部30aの断面レーストラック状の長辺長さL1が鏝部21d間（スロット開口）隙間より大きく、スロット21cの周方向幅に略等しくなっている。そして、コイルエンド部30bの直径が鏝部21d間の隙間より小さくなっている。

そして、各スロット21cには、スロット収納部30aが断面レーストラック状の長手方向を周方向に向けて、長辺を互いに密接させて径方向に1列に配列されて収納されている。また、各スロット収納部30aの縦横比（ $L2/L1$ ）は一定になっている。また、図示していないが、インシュレータがスロット21c内に装着されていてもよい。なお、L2はスロット収納部30aの断面レーストラック状の短辺長さである。



各スロット 21 c 内に収納されている 5 本のスロット収納部 30 a は、固定子鉄心 21 の軸端一側で、周方向一側に 3 スロット離れたスロット 21 c に収納されている 5 本のスロット収納部 30 a にそれぞれコイルエンド部 30 b により連結され、固定子鉄心 21 の軸端他側で、周方向他側に 3 スロット離れたスロット 21 c に収納されている 5 本のスロット収納部 30 a にそれぞれコイルエンド部 30 b により連結されている。また、各スロット 21 c 内に収納されている残りの 5 本のスロット収納部 30 a は、固定子鉄心 21 の軸端一側で、周方向他側に 3 スロット離れたスロット 21 c に収納されている 5 本のスロット収納部 30 a にそれぞれコイルエンド部 30 b により連結され、固定子鉄心 21 の軸端他側で、周方向一側に 3 スロット離れたスロット 21 c に収納されている 5 本のスロット収納部 30 a にそれぞれコイルエンド部 30 b により連結されている。

このように、各振り分け巻線 23 は、各スロット 21 c から延出する導体線 30 が周方向両側に半数ずつ振り分けられている。そして、各振り分け巻線 23 においては、5 本のコイルエンド部 30 b の束が 3 スロットピッチで周方向に配列されている。そこで、固定子鉄心 21 の軸端両側において、3 スロットピッチで周方向に配列されたコイルエンド部 30 b の束の層が、周方向に 1 スロットピッチずれて、径方向に 3 層に配列されて、固定子巻線 22 のコイルエンド群 22 f、22 r を構成している。

つぎに、固定子 20 の製造方法について図 3 乃至図 8 を参照しつつ説明する。

まず、図 3 に示されるように、円形断面を有する 1 本の導体線 30 をリング状に 5 回巻回して第 1 巻線ユニット 31 A を作製し、引き続いてリング状に 5 回巻回して第 2 巻線ユニット 31 B を作製する。ついで、第 1 および第 2 巻線ユニット 31 A、31 B を折り曲げて、隣り合う直線状のスロット収納部 32 a の端部をコ字状のコイルエンド部 32 b により内周側および外周側で交互に連結する星形パターンが 5 段に重なった第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32 A、32 B を作製する。

ここで、第 1 星形巻線ユニット 32 A のスロット収納部 32 a の各束を加圧成形機（図示せず）にセットする。この時、図 4 に示されるように、各束のスロット収納部 32 a は一対のプッシャ（プレス板）40 間に 1 列に重ねられ、平板状

のプレス板 41 が各スロット収納部 32a 間に介装されている。そして、一對のプッシャ 40 に所定の加圧力 F を印加し、断面円形の各スロット収納部 32a を断面レーストラック状のスロット収納部 32a' に成形した後、第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32A、32B を加圧成形機から取り外す。なお、図 4 では、一對のプッシャ 40 のみを示しているが、プッシャ 40 は 12 対用意されており、第 1 星形巻線ユニット 32A のスロット収納部 32a を 1 回の断面扁平化工程で断面レーストラック状のスロット収納部 32a' に変形している。ついで、第 2 星形巻線ユニット 32B のスロット収納部 32a の角田場を加圧成形機にセットし、同様にして、第 2 星形巻線ユニット 32B のスロット収納部 32a を 1 回の断面扁平化工程で断面レーストラック状のスロット収納部 32a' に変形する。

そして、図 3 に示されるように、断面レーストラック状のスロット収納部 32a' を有する第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32A、32B を連結している導体線 30 の部位で折り返し、両星形パターンの山部と谷部とが重なるように、第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32A、32B を重ね合わせ、星形巻線ユニット 33 を作製する。

ついで、星形巻線ユニット 33 を円筒形に成形して振り分け巻線ユニット 34 を作製する。この振り分け巻線ユニット 34 は、導体線 30 を波巻きに 10 ターン巻回したものである。そして、図 5 および図 6 に示されるように、10 本のスロット収納部 34a (断面レーストラック状に成形されたスロット収納部 32a' に相当) の束が周方向に 3 スロットピッチ (3P) で配列されている。また、各束の 10 本のスロット収納部 34a は、断面長手方向を周方向に向けて径方向に 1 列に並んでいる。また、スロット収納部 34a の各束の 5 本ずつがコイルエンド部 34b (コイルエンド部 32b に相当) により軸方向の両端で交互に連結されている。さらに、スロット収納部 34a の各束の残りの 5 本ずつがコイルエンド部 34b により軸方向の両端で交互に連結されている。なお、5 本ずつのスロット収納部 34a を連結しているコイルエンド部 34b は軸方向で相対している。

ついで、振り分け巻線ユニット 34 の軸方向一端側のコイルエンド部 34b を径方向内側に曲げる。そして、図 7 に矢印で示されるように、振り分け巻線ユニ

ット 3 4 を固定子鉄心 2 1 に対して軸方向から装着する。この時、図 8 に示されるように、径方向内側に曲げられたコイルエンド部 3 4 b のスロット収納部 3 4 a 近傍の部位が鏝部 2 1 d 間（スロット開口）を軸方向に移動し、スロット収納部 3 4 a の束が各スロット 2 1 c 内に引き込まれる。そして、スロット収納部 3 4 a の束が各スロット 2 1 c 内に完全に引き込まれた後、径方向内側に曲げられたコイルエンド部 3 4 b を軸方向に延びるように戻し、1 つの振り分け巻線ユニット 3 4 が固定子鉄心 2 1 に装着される。

そして、2 つ目の振り分け巻線ユニット 3 4 が同様にして固定子鉄心 2 1 に装着され、さらに 3 つ目の振り分け巻線ユニット 3 4 が同様にして固定子鉄心 2 1 に装着され、図 1 に示される固定子 2 0 が作製される。この時、各振り分け巻線ユニット 3 4 はスロット収納部 3 4 a の挿入されるスロット 2 1 c を 1 スロットずつずらして固定子鉄心 2 1 に装着される。固定子鉄心 2 1 に装着された振り分け巻線ユニット 3 4 が振り分け巻線 2 3 となる。そして、3 相分の振り分け巻線 2 3 を交流結線、例えば Y 結線して固定子巻線 2 2 が構成される。

この実施の形態 1 による固定子 2 0 においては、スロット収納部 3 0 a が断面レーストラック状に形成されているので、スロット収納部 3 0 a の短辺が凸状の曲面形状となる。そこで、スロット収納部 3 0 a をスロット 2 1 c 内に挿入する際に、スロット収納部 3 0 a の短辺の曲面部分がスロット 2 1 c の内周側面に接することになり、スロット収納部 3 0 a とスロット 2 1 c の内周側面とが擦れることに起因する絶縁被膜の損傷の発生が抑制され、絶縁性が向上される。同様に、固定子 2 0 を車両用交流発電機等の回転電機に搭載した場合におけるエンジン等の車両の振動によってスロット収納部 3 0 a とスロット 2 1 c の内周側面とが擦れることに起因する絶縁被膜の損傷の発生が抑制され、絶縁性が向上される。

また、断面レーストラック状のスロット収納部 3 0 a がその長辺を互いに密接するようにスロット 2 1 c 内に 1 列に配列して収納されているので、スロット収納部 3 0 a 間の接触面積が大きくなるとともに、スロット収納部 3 0 a をスロット 2 1 c 内に密に収納できる。その結果、固定子巻線 2 2 で発生する熱が径方向に隣接するスロット収納部 3 0 a を介して固定子鉄心 2 1 に伝達されやすくなり、固定子鉄心 2 1 から効果的に放熱され、固定子巻線 2 2 の過度の温度上昇が抑制

され、高出力化が図られる。また、占積率（スロット収納部 30a がスロット 21c 内に占める割合）が高められ、高出力化が図られる。

また、長辺の長さをスロット開口より大きい断面レーストラック状のスロット収納部 30a が、長辺の長さ方向を周方向に向けて、かつ、その長辺を互いに密接するようにスロット 21c 内に径方向に 1 列に配列して収納されているので、スロット収納部 30a のスロット開口からの飛び出しが防止され、スロット収納部 30a の飛び出し防止用のウェッジの装着を不要とすることができる。

また、この実施の形態 1 による固定子の製造方法においては、1 本の導体線 30 から第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32A、32B を作製した後、第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32A、32B のスロット収納部 32a 間に平板状のプレス板 41 を介装し、両側から一対のプッシャ 40 により加圧しているので、平坦面の長辺を有する断面レーストラック状のスロット収納部 32a' が得られる。そこで、振り分け巻線 23 のスロット収納部 30a をスロット 21c 内に収納した際に、スロット収納部 30a の長辺同士が密接状態となり、占積率を高めることができるとともに、固定子巻線 22 で発生した熱が固定子鉄心 21 に速やかに伝達されるようになる。また、スロット収納部 32a を断面レーストラック状に成形する際に、断面レーストラック状の短辺側（伸長方向）が拘束されていないので、スロット収納部 32a' の短辺が確実に凸状の曲面形状となり、スロット収納部 30a をスロット 21c に挿入する際に発生する絶縁被膜の損傷を抑えることができる。

また、第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32A、32B のスロット収納部 32a を一括して断面レーストラック状に成形しているので、スロット収納部を断面円形から断面レーストラック状に変形する断面扁平化工程が短縮される。さらには、一定の縦横比 ( $L_2/L_1$ ) を有するスロット収納部 32a' を簡易に作製することができる。

また、振り分け巻線ユニット 34 の軸方向一侧のコイルエンド部 34b を径方向内側に折り曲げ、折り曲げられたコイルエンド部 34b のスロット収納部 34a 側を鏝部 21d 間に通すように軸方向から振り分け巻線ユニット 34 を固定子鉄心 21 に装着しているので、スロット開口より大きな長辺長さを有するスロット

ト収納部 3 4 a を簡易にスロット 2 1 c 内に挿入することができる。また、大きな曲げ応力が発生しにくい円形断面のコイルエンド部 3 4 b を曲げているので、曲げに起因する絶縁被膜の損傷を抑えることができる。さらに、ティース部 2 1 b の先端に鰐部 2 1 d を予め形成することができるので、固定子巻線を装着した後、ティース部 2 1 b の先端部を内周側から押圧して鰐部を形成する煩雑な鰐部形成工程が不要となり、製造工程が簡素化される。

ここで、スロット収納部の縦横比 ( $L_2/L_1$ ) について図 9 を参照しつつ検討する。なお、図 9 中、曲線 A はスロット収納部の縦横比と絶縁不良発生率との関係を表すグラフであり、曲線 B はスロット収納部の縦横比と固定子巻線温度上昇値との関係を表すグラフである。

まず、曲線 A から、縦横比が小さくなるにつれ、絶縁不良の発生率が徐々に増加し、縦横比が 4 5 % より小さくなると、絶縁不良の発生率が急激に増加することがわかる。従って、絶縁不良の発生率を考慮すると、スロット収納部の縦横比を 4 5 % 以上とすることが望ましい。

このスロット収納部の縦横比は、断面円形のスロット収納部を断面レーストラック状に変形する際の変形具合を表している。つまり、縦横比が小さくなるほど変形率が大きくなることを意味している。そこで、断面円形のスロット収納部を断面レーストラック状に変形させると、銅線材は断面レーストラック状に塑性変形し、銅線材に被覆されている絶縁被膜は銅線材の変形に追従して延びることになる。そして、銅線材の変形量が大きくなると、絶縁被膜の延びが追従しきれず、亀裂が絶縁被膜に発生し、ついには絶縁被膜の剥離に至り、絶縁不良が発生したものと推考される。

また、曲線 B から、縦横比が大きくなるにつれ、固定子巻線の温度が徐々に上昇し、縦横比が 7 0 % となると、固定子巻線の温度が約 2 0 0 °C となり、縦横比が 7 0 % を超えると、固定子巻線の温度が急激に上昇することがわかる。そして、固定子巻線の温度は 2 0 0 °C 以下に抑えることが好ましい。従って、固定子巻線の温度上昇値を考慮すると、スロット収納部の縦横比を 7 0 % 以下とすることが望ましい。

このスロット収納部の縦横比は、扁平度合いを表している。そして、縦横比が

大きくなるほど、扁平度合いが小さくなる、つまり長辺長さ ( $L_1$ ) が短くなることを意味している。そこで、スロット収納部の長辺長さ方向を周方向に向けてスロット内に径方向に並んで収納した場合、径方向に隣接するスロット収納部の長辺の平坦面同士が密接する。そして、固定子巻線に通電した際にスロット収納部で発生した熱の一部は、長辺の平坦面同士の接触部を介して隣接するスロット収納部に伝導され、ついにはスロットの底面に接するスロット収納部から固定子鉄心に伝導され、固定子鉄心から放熱される。そこで、長辺長さが短くなると、隣接するスロット収納部間の接触面積が少なくなる。その結果、スロット収納部から固定子鉄心に伝導されて放熱される熱量が少なくなり、固定子巻線が温度上昇するものと推考される。

このことから、スロット収納部 30 a の縦横比は、45%以上、70%以下にすることが望ましい。

なお、上記実施の形態 1 では、第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32 A、32 B を作製した後、スロット収納部を断面円形から断面レーストラック状に加圧変形させるように説明しているが、第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32 A、32 B を重ね合わせて星形巻線ユニット 33 を作製した後、スロット収納部を断面円形から断面レーストラック状に加圧変形させるようにしてもよい。

実施の形態 2.

図 10 はこの発明の実施の形態 2 に係る回転電機の固定子における固定子巻線のスロット収納状態を示す要部断面図である。

図 10 において、固定子鉄心 21 A は、ティース部 21 b' の固定子鉄心 21 A の軸心に直交する断面が略長方形に形成され、スロット 21 c' の断面が内径側を先細りとする略台形状となっている。そして、スロット 21 c' に径方向に 1 列に並んで収納されているスロット収納部 30 a の縦横比 ( $L_2/L_1$ ) は、スロット形状に合わせて内径側に位置するスロット収納部 30 a ほど大きくなっている。

なお、他の構成は上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

ここで、この実施の形態 2 による固定子の製造方法について説明する。

まず、上記実施の形態 1 と同様にして第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32 A、

3 2 Bを作製する。そして、第 1 星形巻線ユニット 3 2 Aのスロット収納部 3 2 a の各束を加圧成形機にセットする。この時、各束の 1 本のスロット収納部 3 2 a が一対のプッシャ 4 0 間にそれぞれ配置される。ついで、各対のプッシャ 4 0 に所定の加圧力を印加し、断面円形のスロット収納部 3 2 a を断面レーストラック状のスロット収納部 3 2 a' に成形する。そして、プッシャ 4 0 に印加する加圧力を変えて、この操作を各束の 5 本のスロット収納部 3 2 a に対して繰り返す。これにより、各束の 5 本のスロット収納部 3 2 a' は、断面レーストラック状の縦横比が漸次小さくなるように変形される。

ついで、第 2 星形巻線ユニット 3 2 B の各束のスロット収納部 3 2 a を同様に加圧成形し、各束の 5 本のスロット収納部 3 2 a' の断面レーストラック状の縦横比を漸次小さくなるように変形する。この時、第 2 星形巻線ユニット 3 2 B のスロット収納部 3 2 a' の縦横比が第 1 星形巻線ユニット 3 2 A のスロット収納部 3 2 a' の縦横比より小さくなるようにプッシャ 4 0 への加圧力を調整している。なお、プッシャ 4 0 は 1 2 対用意されており、スロット 2 1 c' 内の径方向の同位置に収納される 1 2 本のスロット収納部 3 2 a が 1 回の断面扁平化工程で所定の縦横比を有する断面レーストラック状のスロット収納部 3 2 a' に変形される。

そして、断面レーストラック状のスロット収納部 3 2 a' を有する第 1 および第 2 星形巻線ユニット 3 2 A、3 2 B を連結している導体線 3 0 の部位で折り返し、両星形パターンの山部と谷部とが重なるように、第 1 および第 2 星形巻線ユニット 3 2 A、3 2 B を重ね合わせ、星形巻線ユニット 3 3 を作製する。以降、上記実施の形態 1 と同様にして、星形巻線ユニット 3 3 を固定子鉄心 2 1 A に装着して固定子を作製する。

これにより、10 本のスロット収納部 3 0 a が扁平な断面の長辺の長さ方向を周方向に向けて径方向に 1 列に並んで、かつ、互いに密接して各スロット 2 1 c' 内に収納された固定子を得られる。そして、1 列に並んだ 10 本のスロット収納部 3 0 a の縦横比は、スロット 2 1 c' の略台形状に合わせて、径方向内方に漸次大きくなるように形成されている。

従って、この実施の形態 2 によれば、径方向に 1 列に並んだスロット収納部 3

0 a の縦横比が、スロット 21 c' の略台形形状に合わせて、径方向内方に漸次大きくなるように形成されているので、略台形形状のスロット 21 c' に対してスロット収納部 30 a を高占積率に収納することができ、高出力化が図れる。

また、スロット収納部 30 a がスロット 21 c' 内で移動しにくくなり、エンジン等の車両の振動によってスロット収納部 30 a とスロット 21 c' の内周側面とが擦れることに起因する絶縁被膜の損傷の発生が抑制され、絶縁性が向上される。

さらに、第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32 A、32 B の各束のスロット収納部 32 a を 1 本ずつ一对のプッシャ 40 で加圧変形させているので、プッシャ 40 の加圧力を変えることにより断面レーストラック状の縦横比を任意に調整することができる。これにより、スロット収納部 30 a の縦横比をスロット形状に合うように形成することができる。

なお、上記実施の形態 2 では、第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32 A、32 B を作製した後、スロット収納部を断面円形から断面レーストラック状に加圧変形させるように説明しているが、第 1 および第 2 星形巻線ユニット 32 A、32 B を重ね合わせて星形巻線ユニット 33 を作製した後、スロット収納部を断面円形から断面レーストラック状に加圧変形させるようにしてもよい。

実施の形態 3.

図 11 はこの発明の実施の形態 3 に係る回転電機の固定子における固定子巻線のスロット収納状態を示す要部断面図である。

図 11 において、ワニス 25 がスロット収納部 30 a を収納したスロット 21 c 内に含浸されている。

なお、他の構成は上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

この実施の形態 3 によれば、ワニス 25 がスロット 21 c 内に含浸されているので、ワニス 25 がスロット収納部 30 a とスロット 21 c との隙間に浸透している。そこで、スロット 21 c 内でのスロット収納部 30 a の移動が阻止され、エンジン等の車両の振動によってスロット収納部 30 a とスロット 21 c の内周側面とが擦れることに起因する絶縁被膜の損傷の発生がなく、絶縁性が著しく向上される。



なお、上記各実施の形態では、振り分け巻線で構成された固定子巻線を用いるものとして説明しているが、この発明は、集中巻き巻線で構成された固定子巻線に適用してもよい。ここで、振り分け巻線とは、各スロットから延出する導体線が周方向両側に半数ずつに分けられて、周方向両側に所定スロット数離れた2つのスロットに入るように構成されたもので、集中巻き巻線とは、各スロットから延出する導体線の全数が周方向一侧に所定スロット数離れた1つのスロットに入るように構成されたものである。

また、上記各実施の形態では、スロットが毎極每相当たり1の割合で形成されている固定子鉄心を用いるものとしているが、スロットが毎極每相当たり2の割合で形成されている固定子鉄心を用いてもよい。

また、上記各実施の形態では、1本の導体線から作製された星形巻線ユニット…を用いて固定子巻線を構成するものとして説明しているが、この発明はU字状のセグメント導体を用いて構成される固定子巻線に適用してもよいし、連続導体線を所定スロット数毎のスロットに内層と外層とを交互に採るように巻装して構成される固定子巻線に適用してもよい。

また、上記各実施の形態では、スロット収納部がスロット内に径方向に1列に配列されて収納されているものとしているが、スロット収納部はスロット内に例えば2列となって径方向に配列されて収納されてもよい。

#### 産業上の利用可能性

以上のように、本発明に係る固定子およびその固定子巻線の製造方法は、固定子巻線のスロット収納部が断面レーストラック状に形成されているので、固定子巻線の固定子鉄心への装着時のスロット収納部とスロット内周側面との擦れに起因する絶縁被膜の損傷の発生が抑えられ、固定子巻線の絶縁性が高められ、自動車等の車両に搭載される車両用交流発電機等の回転電機の固定子およびその固定子巻線の製造方法として有用である。

## 請 求 の 範 囲

1. スロットが内径側に開口するようにして周方向に配列してなる円筒状の固定子鉄心と、上記固定子鉄心に装着された固定子巻線とを備えた回転電機の固定子であって、

上記固定子巻線は、上記スロットのそれぞれに収納された複数のスロット収納部と、所定スロット数離れた上記スロットの対に収納されている上記スロット収納部の端部同士を連結するコイルエンド部とを有し、

上記スロット収納部は、断面レーストラック状に形成され、断面の長手方向を周方向に向けて径方向に少なくとも1列に並んで、かつ、互いに密接して収納されていることを特徴とする回転電機の固定子。

2. 上記スロット収納部は、断面レーストラック状の長辺長さを $L_1$ 、短辺長さを $L_2$ としたときに、 $45\% \leq \text{縦横比} (L_2/L_1) \leq 70\%$ を満足するように形成されていることを特徴とする請求項1記載の回転電機の固定子。

3. 上記スロット収納部は、上記スロット内に径方向に1列に並んで収納されていることを特徴とする請求項1記載の回転電機の固定子。

4. 上記スロット収納部は、断面レーストラック状の長辺長さを $L_1$ 、短辺長さを $L_2$ としたときに、 $45\% \leq \text{縦横比} (L_2/L_1) \leq 70\%$ を満足するように形成されていることを特徴とする請求項3記載の回転電機の固定子。

5. 上記スロットは、内径側を先細りとする略台形状に形成され、上記スロット内に径方向に並んで収納されている上記スロット収納部の断面の縦横比が、上記スロットの略台形状に合わせて、径方向内方に漸次大きくなるように形成されていることを特徴とする請求項1記載の回転電機の固定子。

6. 上記スロット収納部は、断面レーストラック状の長辺長さを $L_1$ 、短辺長さを $L_2$ としたときに、 $45\% \leq \text{縦横比} (L_2/L_1) \leq 70\%$ を満足するように形成されていることを特徴とする請求項5記載の回転電機の固定子。

7. ワニスが上記スロット内に含浸されていることを特徴とする請求項1記載の回転電機の固定子。

8. 断面円形のスロット収納部のそれぞれを個別に平板状のプレス板で挟み込み、該スロット収納部の伸長方向を拘束することなく該プレス板により該スロット収納部を加圧して断面レーストラック状に成形する断面扁平化工程を有することを特徴とする回転電機の固定子巻線の製造方法。

9. 断面レーストラック状の長辺長さを $L_1$ 、短辺長さを $L_2$ としたときに、 $45\% \leq \text{縦横比} (L_2/L_1) \leq 70\%$ を満足するよう上記スロット収納部を断面レーストラック状に成形することを特徴とする請求項8記載の回転電機の固定子巻線の製造方法。

10. 上記断面扁平化工程に先立って、断面円形の導体線をリング状に所定回に巻回して巻線ユニットを作製する工程と、上記巻線ユニットを整形して、隣り合う直線状のスロット収納部の端部をコ字状のコイルエンド部により内周側および外周側で交互に連結する星形パターンが多段に重なった星形巻線ユニットを作製する工程とを有し、

上記断面扁平化工程において、上記星形巻線ユニットの多段に重なった上記スロット収納部を1段ずつ断面レーストラック状に成形するようにしたことを特徴とする請求項8記載の回転電機の固定子巻線の製造方法。

11. 断面レーストラック状の長辺長さを $L_1$ 、短辺長さを $L_2$ としたときに、 $45\% \leq \text{縦横比} (L_2/L_1) \leq 70\%$ を満足するよう上記スロット収納部を断面レーストラック状に成形することを特徴とする請求項10記載の回転電機

の固定子巻線の製造方法。

12. 上記断面扁平化工程に先立って、断面円形の導体線をリング状に所定回に巻回して巻線ユニットを作製する工程と、上記巻線ユニットを整形して、隣り合う直線状のスロット収納部の端部をコ字状のコイルエンド部により内周側および外周側で交互に連結する星形パターンが多段に重なった星形巻線ユニットを作製する工程とを有し、

上記断面扁平化工程において、上記星形巻線ユニットの多段に重なった上記スロット収納部の各段間に上記プレス板を介装させ、かつ、上記スロット収納部の積層方向の両側に上記プレス板を配置し、多段に重なった上記スロット収納部を一括して断面レーストラック状に成形するようにしたことを特徴とする請求項8記載の回転電機の固定子巻線の製造方法。

13. 断面レーストラック状の長辺長さを $L_1$ 、短辺長さを $L_2$ としたときに、 $45\% \leq \text{縦横比} (L_2/L_1) \leq 70\%$ を満足するよう上記スロット収納部を断面レーストラック状に成形することを特徴とする請求項12記載の回転電機の固定子巻線の製造方法。

図 1

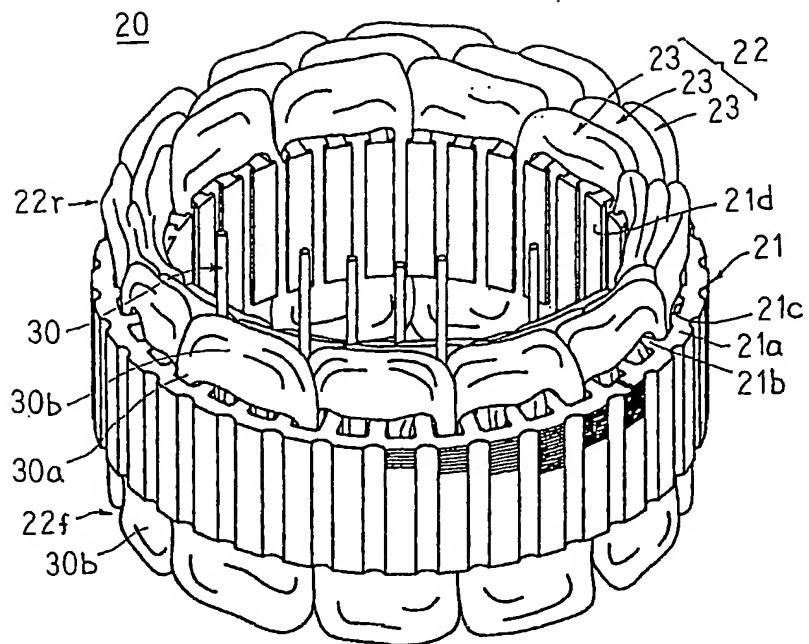


図 2

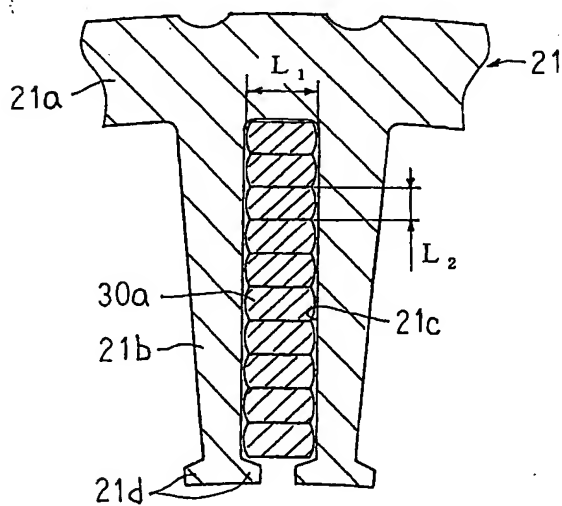


図 3

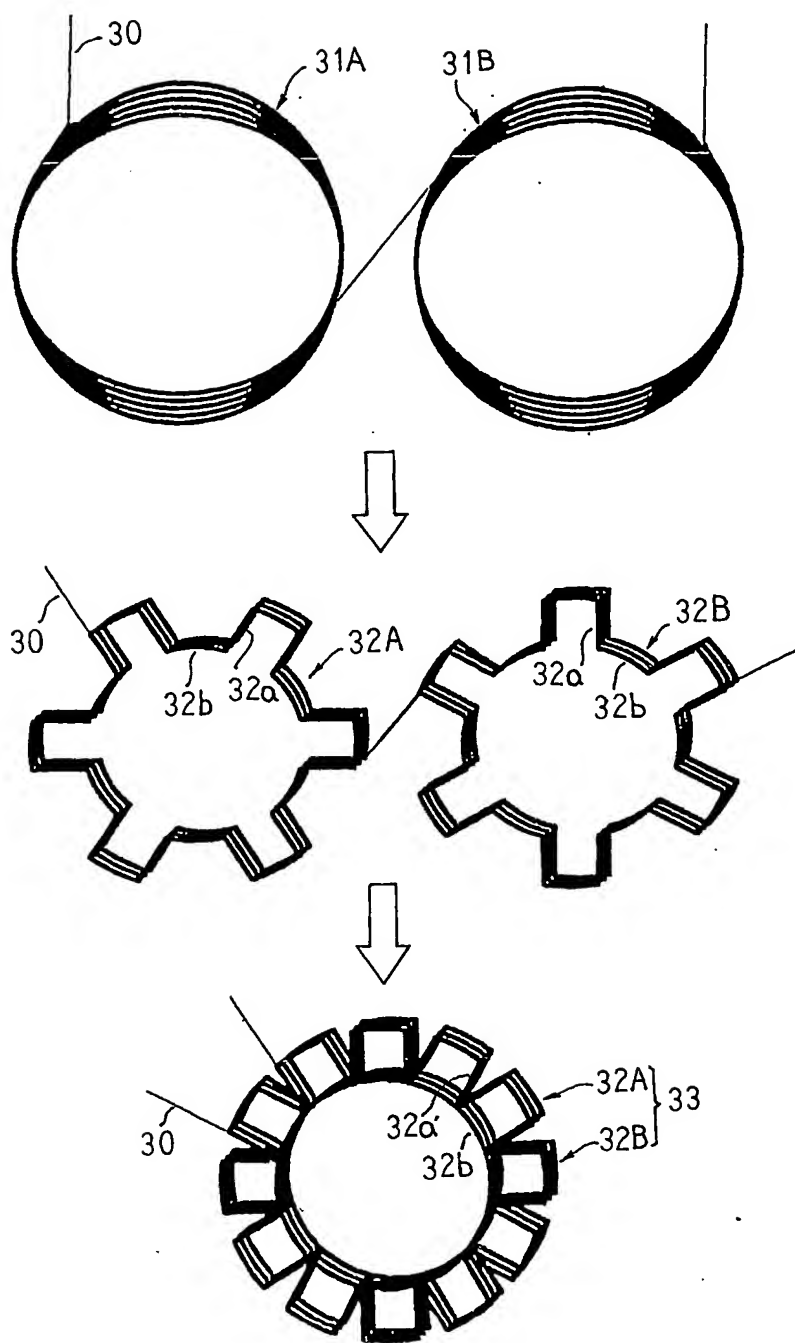


図 4

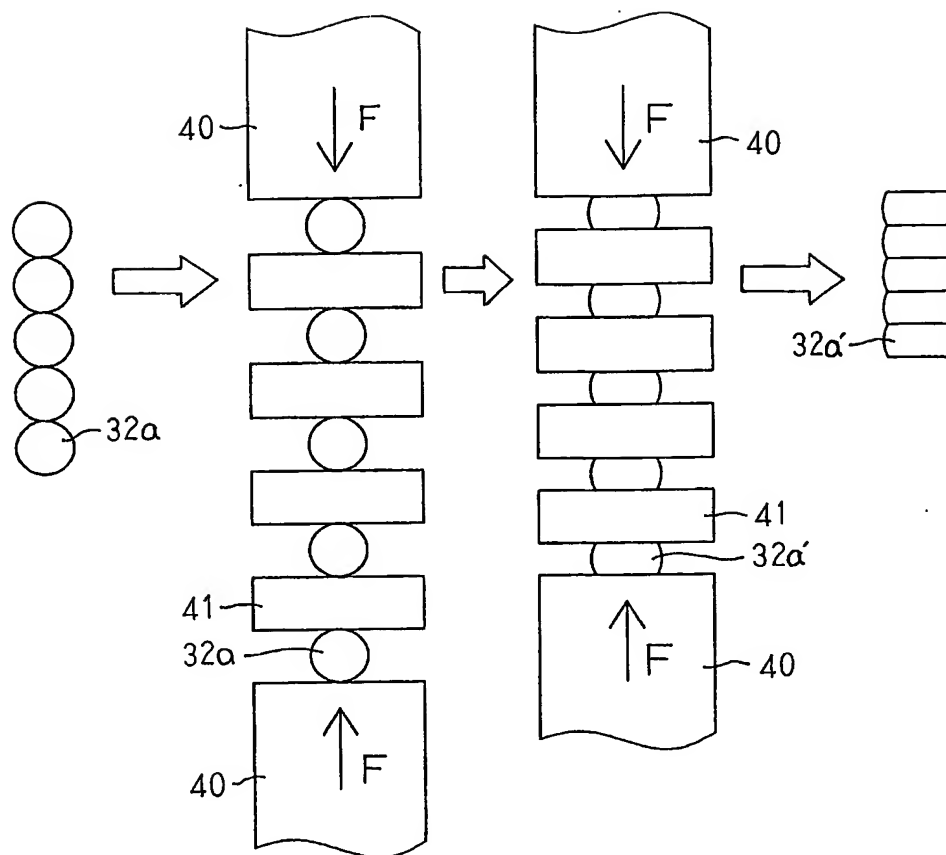


図 5

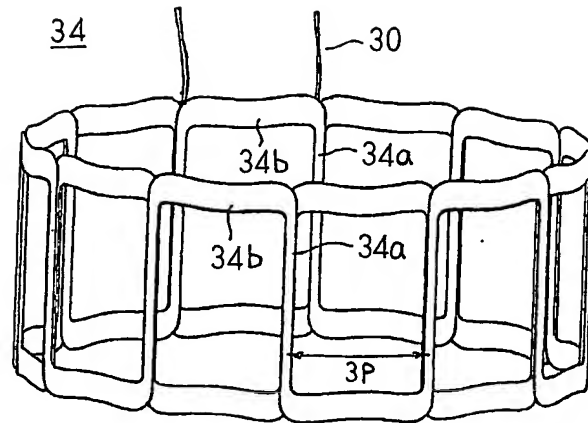


図 6

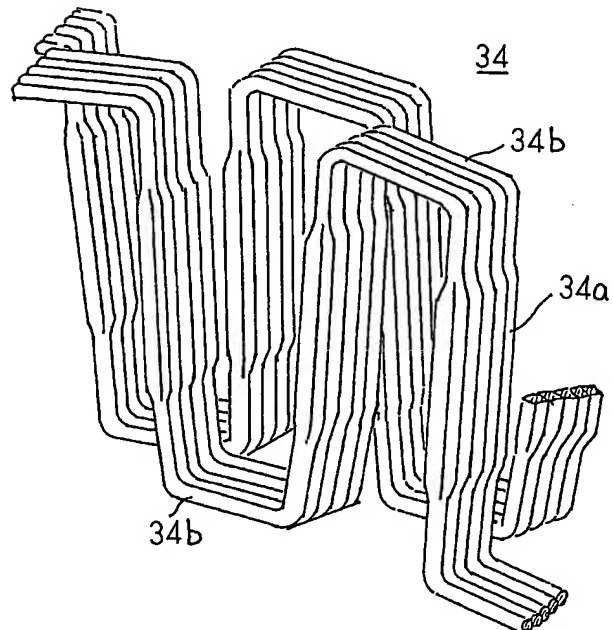




図 7

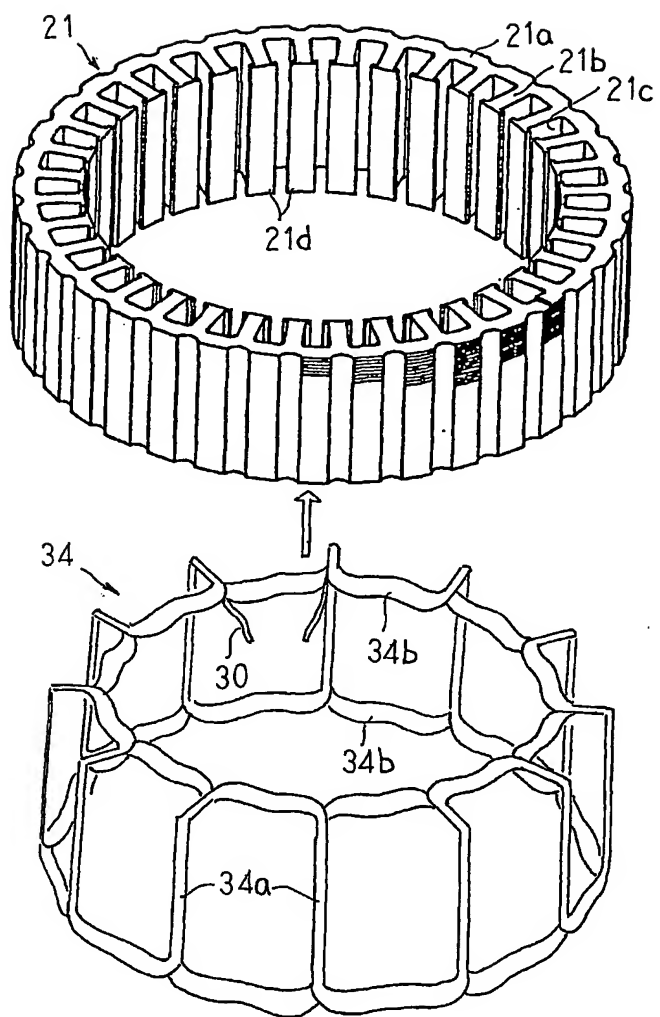


図 8

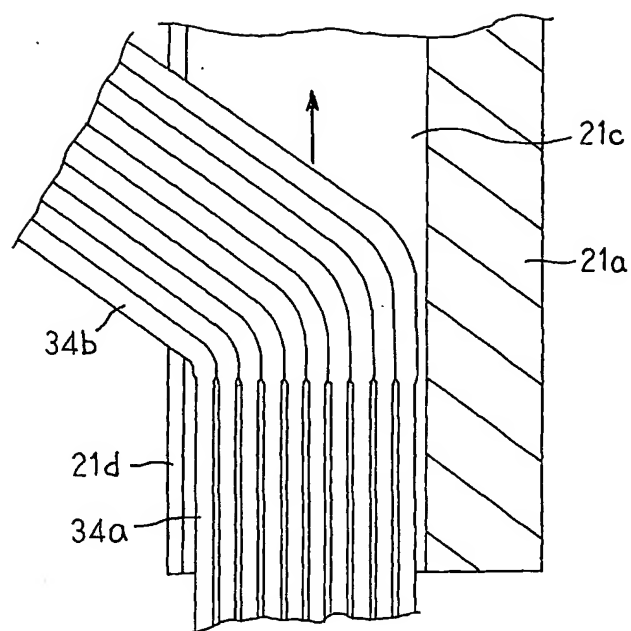


図 9

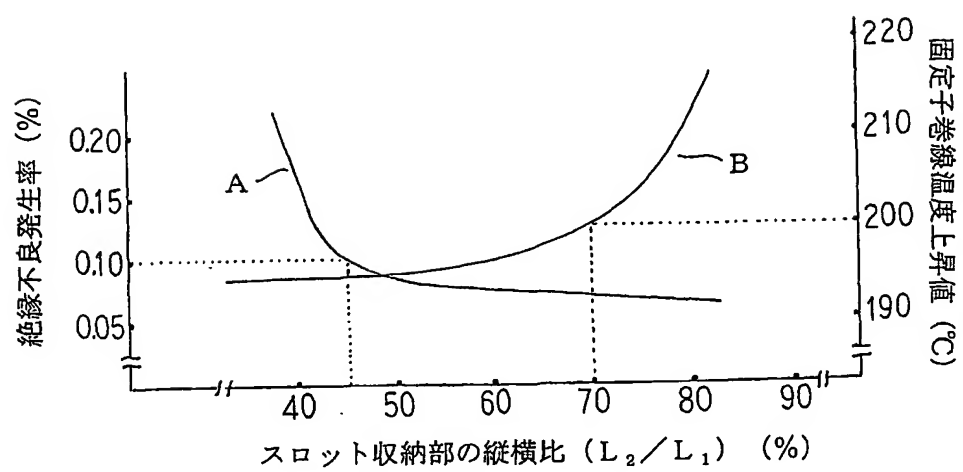


図 10

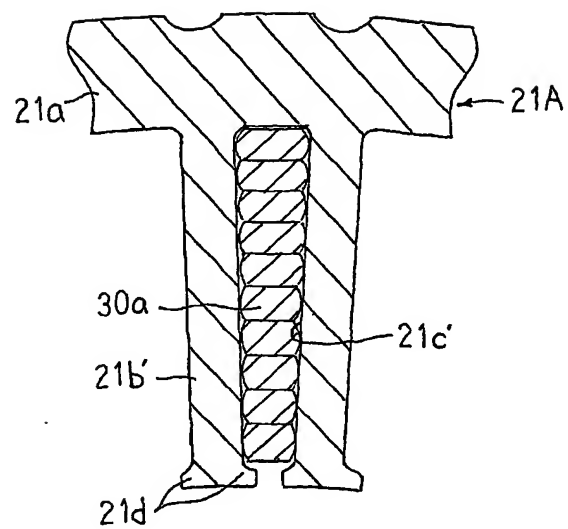


図 11

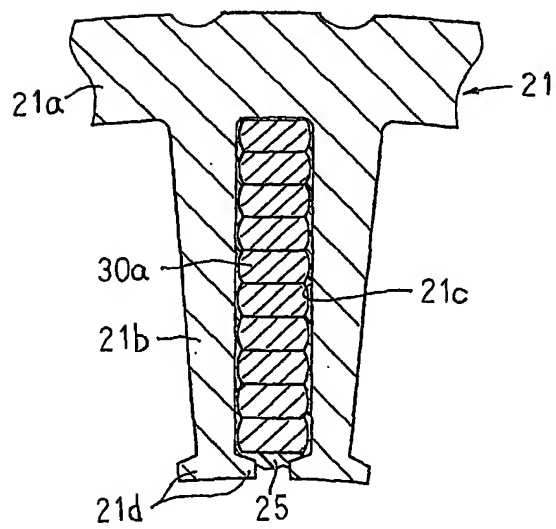


図 1 2

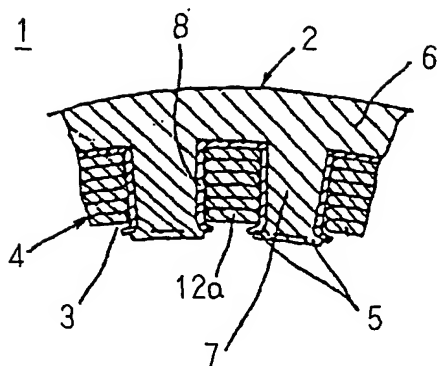


図 1 3

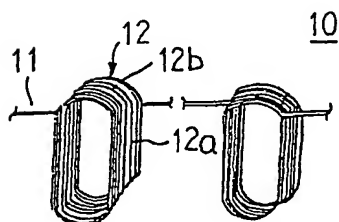


図 1 4

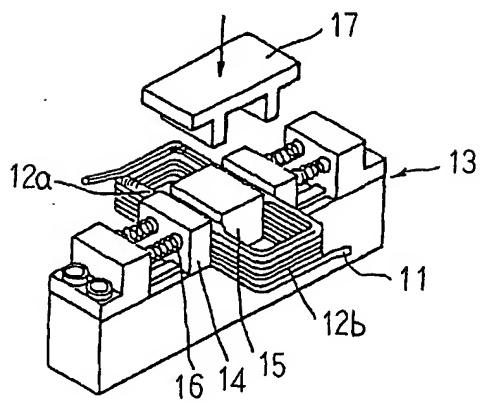


図 15

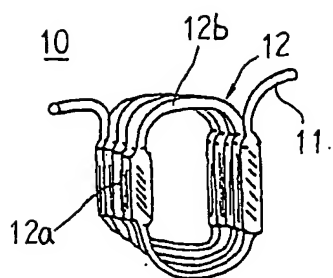


図 16

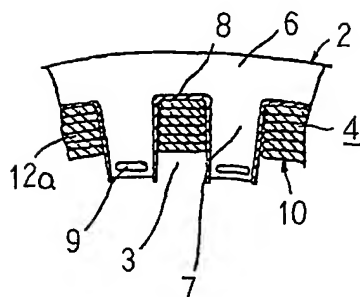
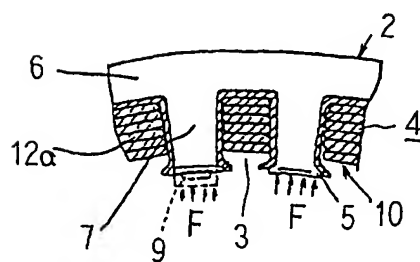


図 17



Rec'd PCT/PTO 06 JAN 2005

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/13675

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H02K3/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> H02K1/16, H02K15/04Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 63-194543 A (Hitachi, Ltd.), 11 August, 1988 (11.08.88), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
Y	JP 11-187599 A (Denso Corp.), 09 July, 1999 (09.07.99), Full text; all drawings & EP 910155 A1 & CA 2238504 A1 & EP 881752 A1 & US 5936326 A1 & DE 69800498 T	1-13
Y	JP 7-298528 A (Toyota Motor Corp.), 10 November, 1995 (10.11.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
07 April, 2003 (07.04.03)Date of mailing of the international search report  
22 April, 2003 (22.04.03)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/13675

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-189482 A (Hitachi, Ltd.), 08 July, 1994 (08.07.94), Full text; all drawings & DE 4343025 A1 & US 5587619 A1	1-13
Y	JP 62-89455 A (Toshiba Corp.), 23 April, 1987 (23.04.87), Full text; all drawings (Family: none)	5-6
E,A	JP 2003-61289 A (Mitsubishi Electric Corp.), 28 February, 2003 (28.02.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-13

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**